



29 פברואר, 2012
מנ – 38334

אנליזות חשיפה לקרינה מבטון בתלות במקור האפר, NRG הולנד – מחקר המשך
סימוכין: **דו"ח מחקר השפעת אפר על רדון מבטון, ממ"ג-שורק, טכניון, דצמבר 2011**
דו"ח NRG, חשיפה לקרינה מבטון עם וללא אפר, 20.10.10, 21.9.11, 17.1.12
מאגר נתוני תרומת אפר לקרינה מבטון, מנ – 38063, 17.7.11

רקע

בני אדם נחשפים לקרינה מייננת מתמשכת ממוצרי בנייה בשני ערוצים – לקרינת גמא בחשיפה חיצונית ולקרינת אלפא בחשיפה פנימית, באמצעות מערכת הנשימה, מהתפרקות הרדון ובנותיו. החשיפה הפנימית נחשבת מסוכנת מהחיצונית והיא מורכבת יותר למדידה.

ת.י. 5098 – תכולת יסודות רדיואקטיביים טבעיים במוצרי בנייה, קובע שיטת מדידה ומגבלות לחשיפה בשני הערוצים. בכך מתייחד התקן הישראלי הן בהשוואה למעט התקנים הלאומיים האחרים לחשיפה לקרינה ממוצרי בנייה בעולם והן בהשוואה להנחיות הוועדות הבינלאומיות, המתייחסים אלה כאלה לחשיפה החיצונית בלבד¹. ייחודיות זו מתבטאת בהחמרה מרחיקת לכת של התקן הישראלי². בתנאים קיצוניים אלה תערובות בטון נפוצות עלולות לקבל ערכי אינדקס גבוליים וסטייה במדידת הרדון עלולה לפסול אותן במבחן התקן. מכאן שלשיטת מדידת הרדון על פי התקן חשיבות מיוחדת לשילוב אפר פחם בבטון.

על פי מחקרים שנערכו בעולם ובישראל, הוספת אפר פחם לבטון מפחיתה בשיעור ניכר את שפיעת הרדון מהבטון. יתר על כן, תרומת האפר להתמשכות התהליך הפוצלני בשריג הבטון מפחיתה עוד יותר את שפיעת הרדון עם הזמן. שיטות המדידה התקניות אמורות לתת ביטוי לתופעה זו כדי לאפשר יישום אופטימלי, הנדסי וסביבתי, של האפר בבטון ברמת וודאות סבירה.

במסגרת מחקר שבוצע בשורק ובטכניון בהזמנה משותפת של המנהלת ומשרד השיכון, אשר בחן את השפעת האפר על שפיעת הרדון מבטון על פני זמן, נערכו מדידות מקבילות בדגמי בטון זהים במעבדות שורק והטכניון ובמעבדת NRG בהולנד.

בעוד שריכוזי היסודות הרדיואקטיביים נמצאו דומים בבדיקות המעבדות השונות, הרי ממצאי שפיעת הרדון שונים אלה מאלה במידה רבה: הוספת 140 ק"ג אפר פחם לתערובת בטון גרמה להפחתה בקצב המדוד של שפיעת הרדון בשיעורים 10% במעבדת הטכניון, 18% בממ"ג-שורק ובלמעלה מ-50% במעבדת NRG. גם רמת וודאות התוצאות ההולנדיות גבוהה בהרבה מאלה של הטכניון ושורק: סטיית תקן של 2% - 9% לעומת עד כדי 30%. יתכן שהסיבה נעוצה בהתנסות המעטה יחסית של המעבדות בישראל לעומת הנסיון ההולנדי המבוסס על מחקר רב שנים. אולם יתכן גם שהסיבה מהותית יותר והיא נובעת מתפיסות מדעיות שונות של שיטת מדידת הרדון, אמצעי המדידה ופרשנות הממצאים. בהקשר זה יצוין כי בעוד השיטה הישראלית לא נשפטה עדיין ע"י האקדמיה בעולם, השיטה ההולנדית מתועדת זה שנים רבות בפרסומים בעיתונות המקצועית הבינלאומית.

ההבדלים בין השיטות מתבטאים בהערכה שונה של תרומת האפר לחשיפה לקרינה בממ"ד עשוי בטון, המחושבת ב- mSv/y על פי התקנים הישראלי וההולנדי. בהרכב הנ"ל עם אפר ממקור עתיר יחסית בריכוז רדיום התקבלה על פי התקן הישראלי תוספת של $0.2 mSv$ בגין האפר, בעוד שעל פי התקן ההולנדי התקבלה תוספת של $0.03 mSv$ בלבד. יצוין כי אינדקס הקרינה של התערובת האמורה על פי ת.י. 5098 ($I = 0.74$ במדידת שורק) בהנחת אי ודאות 30% במדידת הרדון, עלול בדיעבד לחרוג מהמותר ($I = 1$).

השפעת מקור האפר על תרומתו לחשיפה לקרינה מבטון

שפיעת הרדון תלויה בגורמים רבים: ריכוז הרדיום בחומרי הגלם, מבנה החומרים עצמם ותכונותיהם ומבנה מוצר הבנייה ותכונותיו. כידוע מרבית הרדון הנוצר באפר אינו נפלט מתוכו אלא דועך בתוך המבנה הזכוכיתי-אמורפי של הגרגרים. כמו כן הוספת אפר תורמת לציפוף הבטון ולריסון שפיעת הרדון שמקורו גם בחומרי הגלם האחרים. מקורות אפר השונים זה מזה בתכונותיהם – בריכוז הרדיום ($250 - 55 Bq/kg$), במרכיב האמורפי (40% - 80%), בגודל הגרגר

¹ מדינה אחת בלבד (הולנד) כוללת בתקניה תיאור מפורט של אופן מדידת שפיעת הרדון ממוצרי בנייה (השיטה נסקרה בדו"ח מחקר שורק-הטכניון בסימוכין).

² בעיקר בשל ייחוס הקצה המחמיר של תחום ההגבלה (תוספת $0.3 mSv$ לשנה לאדם, בהשוואה לרמת רקע בלתי נמועת), המומלץ ע"י הוועדות הבינלאומיות לחשיפה לקרינה פנימית בלבד, לקרינה חיצונית ופנימית כאחת. הואיל והחשיפה לקרינה הפנימית מקבלת משקל של 60% - 80% מאינדקס הקרינה בתקן, מוגבלת בדיעבד תוספת הקרינה החיצונית ל- $0.06 - 0.12 mSv$ (בהשוואה ל- $0.3 - 1.0$ כמולץ בעולם).



(12% - 25% גדולים מ-45 μm) ובתגובה הפוצולנית (תרומה להתגבשות הבטון: 0.79 – 0.95 מחוזק צמנט), משפיעים באופן שונה על שפיעת הרדון ממוצרי הבטון.

במסגרת בניית מאגר נתוני אפר הפחם מקיימת המנהלת מעקב מתמשך של אפיון האפר למקורותיו השונים במדדים סביבתיים, המשמשים כלי מסייע בבקרה הסביבתית של שימושי האפר. בכלל זה נבדקים ריכוזי היסודות הרדיואקטיביים באפר (ובפחם) מן המקורות השונים ומתבצעת הערכת תרומתם לחשיפה לקרינה מבטון (חיזונית ופנימית) במונחי ת.י. 5098.

לנוכח הניסיון המצומצם יחסית שנצבר ביישום השיטה והמודל הישראליים למדידת רדון, אי הוודאות הגבוהה יחסית בממצאיהם העלולים לסכן קבילות תערובות בטון-אפר נפוצות והפערים המתקבלים בין ממצאי המדידות בשיטות הישראלית וההולנדית, ישנה חשיבות רבה בהשוואת הממצאים בשתי השיטות. למטרה זו ייבדקו במקביל דוגמאות בטון תואמות, 4 (מתוך 10 בתוכנית המעקב) עם אפר ו-1 ללא אפר, במעבדות בישראל (שורק) ובהולנד (NRG).

הממצאים ההשוואתיים יידונו במושב הקרינה בסדנת דצמבר 2012 בהשתתפות החוקרים משתי המעבדות במטרה לבקר ולשפר את אמינות השיטה הישראלית.